

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-228956

(43)Date of publication of application : 07.09.1993

(51)Int.Cl.

B29C 45/00
H01R 13/46
H01R 43/18
// B29L 31:34

(21)Application number : 04-033017

(71)Applicant : POLYPLASTICS CO

(22)Date of filing : 20.02.1992

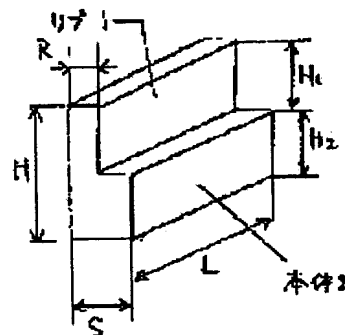
(72)Inventor : SAKAI HIROMITSU

(54) MANUFACTURE OF SLENDER ARTICLE

(57)Abstract:

PURPOSE: To ensure the accuracy of outside dimensions by a method wherein a plastic molded form is divided into unit structure, the quantity of warpage is predicted regarding each unit structure, the quantity of warpage of unit structure is totalled regarding the whole article and balance in the asymmetric direction is measured.

CONSTITUTION: When an asymmetric sectional article having a structure unit consisting of a rib 1 and a main body 2 joined in the longitudinal direction and being made of slender plastics is manufactured through injection molding, bending moment M at both ends of unit structure is obtained by using a distortion factor (n) capable of being predicted on the basis of the thickness R of the rib 1, the thickness S of the main body 2 and the height H_1 of the rib 1 the elastic modulus of a plastic material and the dimensions of the rib 1 and the main body 2. The quantity of warpage D of unit structure is calculated from formula 5 of $ML^2/48EI$ (L represents the overall length of unit structure and EI the sum of the product of the modulus of longitudinal elasticity and the moment of inertia of the section regarding the main body 2 and the rib 1), and the quantity of warpage regarding the whole structure of the asymmetric article is balanced including the factors of a thick-wall section, lightening, a groove, etc.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.12.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 06.06.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-228956

(43)公開日 平成5年(1993)9月7日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 9 C 45/00		7344-4F		
H 0 1 R 13/46	Z	7129-5E		
43/18		6901-5E		
// B 2 9 L 31:34		4F		

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平4-33017

(22)出願日 平成4年(1992)2月20日

(71)出願人 390006323

ポリプラスチック株式会社

大阪府大阪市中央区安土町2丁目3番13号

(72)発明者 坂井 宏光

静岡県富士市宮島885-11

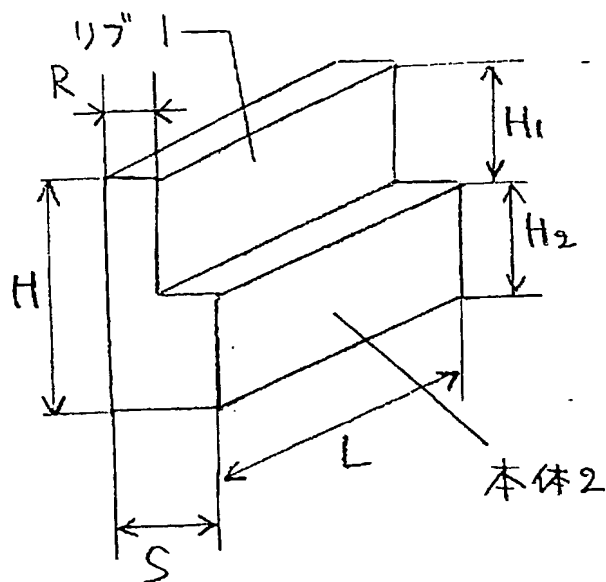
(54)【発明の名称】 細長い物品の製造方法

(57)【要約】

【目的】非対称断面をもつ細長いプラスチック製の物品（例：電子機器用コネクタ基板）を射出成形により製造する際の反り対策

【構成】物品を長さ方向で接合するリブと本体とよりなる構造単位で考え、長さ、肉厚、高さ寸法をパラメータとして単位構造の反り量を算定し、それから物品全体の反り量のバランスを判定して、基準構造設計の反り因子を打ち消す変形因子を付加した設計とする。

【効果】プラスチックの射出成形において、反りに寄与する単位構造の影響を予測することにより、成形時の反りが少ない形状設計が実現した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】プラスチックの射出成形により、細長い非対称断面物品を製造する方法において、(1)物品を長さ方向で接合するリブと本体とよりなる構造単位で考え、(2)主たるパラメータとしてリブと本体との寸法を用いて単位構造の反り量を算定し、(3)単位構造の反り量から全体のバランスを判定するという判定方法により反りが予測されるような基準構造設計に、厚肉部、肉抜き、溝等の打ち消し変形因子を付加する形状の対策を施して、非対称物品全体についての反り量をバランスさせた設計とすることを特徴とする細長い物品の製造方法

【請求項2】長さ方向で接合するリブと本体とよりなる構造単位を持つ細長いプラスチック製非対称断面物品

$$M_i = (a_i E_i / k_i^2) (1 - (k_i H_i + 1) \exp(-k_i H_i))$$

によって求め、 $M = M_1 + M_2$ により単位構造両端の曲げモーメントを予測することを特徴とする請求項2記載の方法

但し k_i 及び a_i は、高さ方向 (y 方向) の歪みの大きさの分布関数を式

$$a_i \cdot \exp(-k_i y)$$

($*$ は乗法記号、 \exp は指数関数記号) で表したときの定数である。

【請求項4】細長いプラスチック製非対称断面物品を射出成形により製造する際に、リブと本体との肉厚関係又は側面板と底面板との肉厚関係の適正領域及び不適正領域を表わす判定図を用い、図解法により不適正な領域にある基準構造設計の肉厚を適正領域にある肉厚に変更することを特徴とする細長い物品の製造方法

【請求項5】長さ方向で接合するリブと本体とよりなる構造単位を持つ細長いプラスチック製非対称断面物品を射出成形により製造する際に、歪み率 n と、リブ及び本体の寸法に基づき図解法により反り量を予測し、その知見に基づいて物品全体の反り量をバランスさせることを特徴とする細長い物品の製造方法

【請求項6】請求項1～5記載の方法を用いることを特徴とする電子機器用コネクタ基板の製造法

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、プラスチックの射出成形により細長い非対称断面物品を製造する方法における反り対策に関するものである。この発明はプラスチック成形品一般に利用することができるが、特に正確な寸法の細長い成形品を必要とする産業分野、例えば電子機器用のコネクタ基板等の部品製造において特に有用である。

【0002】

【従来の技術】本発明を代表的な利用分野である電子機器用のコネクタ（以下単にコネクタという）基板の例について説明する。コネクタは、通常、幅や高さ

を射出成形により製造する際に、リブの厚さ R 、本体の厚さ S 、及びリブの高さ H_1 に基づいて予測できる歪み率 n と、プラスチック材料の弾性率及びリブと本体の寸法を用いて単位構造両端の曲げモーメント M を求め、式

$$D = 5ML^2 / 48EI$$

(L は単位構造の全長、 EI は本体及びリブに関する縦弾性率と断面2次モーメントの積の和である) から単位構造の反り量を算出し、厚肉部、肉抜き、溝等の因子を含めて非対称物品全体構造についての反り量のバランスをとった設計とすることを特徴とする細長い物品の製造方法

【請求項3】リブ ($i=1$) と本体 ($i=2$) の両端曲げモーメントをそれぞれ式

$$(1 - (k_i H_i + 1) \exp(-k_i H_i))$$

(共に $5 \sim 20$ mm 程度) に比べて細長い ($50 \sim 200$ mm 程度) 箱形の基体に多数の端子を埋め込んだものである。ヘッダーとソケットの2タイプがあり、両者の嵌合により端子同士を電気的に接触させて機能を発揮するために、外径寸法の正確さが必要である。

【0003】コネクタ基体は、電気絶縁性や成形性、価格等の要因を考慮して一般にプラスチックの射出成形品が用いられ、特に耐熱性、剛性、寸法安定性等の要求を満たすものとしてエンジニアリングプラスチック (例: PPS, LCP, ポリアミド, PBT, PET), 特にガラス繊維等で強化されたものの射出成形品がよく用いられる。しかし、コネクタ基体のような細長い箱形構造をもつ物品を射出成形により得ようとする、しばしば成形冷却時の不等収縮により反りを生じる。精密機器部品として必要な外径寸法の正確さを確保できない成形品は、不良品として取り除かれなければならない。検査体制の充実を必要とするだけでなく、製品歩留りの低下、製品信頼性の低下等、多くの不都合の原因となる。

【0004】一般に、射出成形に伴う反り (以下単に反りという) は、断面が非対称な細長い物品について著しく生じる。断面の非対称性は形状におけるものが最も普通であるが、材料の性質における非対称性のある場合も問題の本質は同様である。逆に、例えば長さを短くしたり、非対称性をなくす等の設計変更は反り防止の有力な手段になり得る。しかし、長さや断面外形、材質は使用者の必要性から定められ、成形する者の都合で自由に変えるわけにはゆかない。所要の長さ、断面外形、素材の制約内で反りの少ない射出成形品を得る一般的な技術手法は、従来知られていなかった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】射出成形品は、使用者、例えばコネクタ設計者から指定された外径寸法に基いて、強度等その他使用に必要な条件を満足する肉厚で設計される。図1及び図2は、このような細長い射出

成形品をモデル化して表現したものの斜視図である。現実には、図1の形状の側板を2つ並べて隔壁で結合した構造や、図2の形状のものの両端に端板がある箱形等の基本構造に、更に位置決めピンその他の部分が加わって複雑な形状となるが、本発明の目的とする実用的な反りの予測については、図のように単純化したモデルで近似的に考えることができる。

【0006】図1において、上部は下部よりも厚さの小さい板状部分であり、リブと呼ぶことにする。下部はリブよりも大きい断面積、通常リブの厚さ以上の幅と高さを持つ部分で、本体と呼ぶことにする。本体の断面は必ずしも四角形である必要はないが、便宜上四角形の場合を主として説明する。円、六角形、その他異形断面の場合は四角形で近似して考えればよい。図1には本体部分の高さが幅よりも大きい例を示しているが、幅と高さが同じ又は幅が高さよりも大きくてもよい(図3)。断面形状において、図1に示すものはリブが本体の端に位置するL字形であるが、それに限定されることはなく、例えば凸字形でもよい。L字形断面のものを2つ左右に接続すれば溝形断面、即ち図2になる。この場合、側板、底板と呼ぶことにする。側板、底板はどちらが厚くてもよく、厚い方を本体、薄い方をリブと考えることができる。図2に見られるように、左右方向(便宜上x方向とする)にほぼ対称性がある場合、成形の際に生じる左右方向の収縮は内部応力としてバランスをとり、x方向には大きな歪みを生じにくい。図1のものを隔壁により左右対称に2つ結合した場合も同様である。しかし、上下方向(y方向とする、コネクタで言えば差し込み方向)は本質的に非対称の構造である。

【0007】図1及び図2の例の場合、上部の肉厚が小さいと、そちら側の板がより大きな収縮を生じやすく、その為に上方が凹面になるように反りやすい。当然、反りは全長が大きいほど著しい。本願発明は、このように最大の長さをもつ方向(z方向とする)に対して直角な方向のうち、少なくとも1方向について非対称である

「細長い非対称物品」を熱可塑性プラスチックの射出成形により製造する際に、反りを防止して正確な寸法の成形品を得る方法に関するものである。以下、便宜上高さ方向(y方向)が非対称である場合について説明する。

【0008】即ち、この発明の第1の課題は、非対称断面をもつ細長いプラスチック製の物品(単に非対称物品と略す)の射出成形において、反りが事実上問題にならない程度のもとなり、外径寸法の正確さを確保する一般的な技術手法を提供することである。更にこの発明はまた、与えられた長さ、断面外形の制約内で反りの少ない射出成形コネクタ基体を製造する方法を提供するものである。

【0009】

【課題を解決する手段】本発明者は、射出成形に伴う反

り現象を探究した結果、事実上次のような考えに基づいて解析してゆけば、現実にかかる反りがある程度定量的に理解できることを見出し、その成果を利用して本発明の反り対策技術を完成した。即ち、樹脂が金型を充填しながら流動してゆく過程で、線状高分子分子や異方性形状(例:繊維状)充填剤の配向が起り、これが冷却、固化すると、部分部分が配向の向き、度合が異なり、従って異なる収縮特性をもつ部分の接合体である成形品ができる。このように部分により異なる収縮特性が成形品内部で働く剪断力、ひいては接合体の両端に働く曲げモーメントを生じて反りを起す。

【0010】もとより、現実の成形体の形状は種々様々であり、反りを厳密に予測するのは困難である。しかし、本発明者は、実用的な反り対策の観点からすれば、成形体を適切な単位構造に分けて考え、その単位構造がもたらす反り因子という概念を導入することにより、全体として発現する反りは、単位構造の反り量の寄せ集めによるものであると考えてさしつかえないことを見出した。即ち、本発明を生んだ基礎となる技術思想は、まず、現実の複雑な構造の非対称物品の反りも、長さ方向で接合する2つの板の組合せである部分構造単位のもつ反り因子に分けて、単純化して考えることができるものであり、更に単位構造の接合部分のもたらす反り量は、上記のメカニズムに従った考察によりある程度定量的に予測しようとするものである。そして、このような試みは、リブの厚さ、本体の厚さ及びリブの高さに基づいて予測することのできるパラメータである歪み率 n の概念を用いることにより成功し、これに基づいて本発明を完成することができた。

【0011】一般に、プラスチック射出成形品は所要の外径寸法、使用上必要な強度、樹脂の流れ等を考慮して設計される構造に基づいて金型が作られ、成形される。便宜上、このような従来から常用されてきた設計基準による構造設計を基準構造設計とよぶことにする。しかし、強度等を考慮しただけの基準構造設計ではしばしば反りが生じ、コネクタ基板のように正確な寸法を必要とする製品の製造技術としては問題があった。また、このように現実には反りが認識された後で設計変更を余儀無くされるのは甚だ不都合であり、その対策にしても試行錯誤的なものが多かった。

【0012】本発明の技術的ポイントは、従来反りの定量的な予測が困難で、対策にも有効な基本方針が知られていなかった射出成形技術において、反りがある程度定量的に予測し、事前に対策を取ることを可能にすることである。このような課題は、前記のように成形品に反りをもたらす因子を、事実上、単位構造の反り量の重ね合わせであると考えて全体の反りを事前に予測し、従来の設計による基準構造では大きな反りが予想される場合、これを打ち消す方向の反り因子を付加して、成形品全体としての反り量を内部的にバランスさせて反りを防ぐと

いう技術思想に基づいて解決される。ここで基本となる単位構造としては、2つの板状部分が長さ方向で接合するモデルを考え、まず歪み比率 n を予測し、 n の値と2つの板の肉厚、高さ及び長さ寸法に基づいて反り量が算定される。以下、この発明につき、実施例を含めて詳細に説明する。

【0013】

【歪み比率】本発明者は、プラスチック射出成形時の反りの実態を把握するために、まず細長いリブ付き板（図3：斜視図）を、その一端に設けたゲートから長さ L 方向に射出成形して基礎データの収集を行なった。使用した材料はガラス繊維強化液晶ポリマーである。このような結果をもとに、歪み比率 n （最大の歪みを1とする）をリブ及び本体の厚さ（ R 、 S ）とリブの高さ H_1 をパラメーターとして図示したものが図4である。図の横軸は本体の厚さ、縦軸は歪み比率 n である。歪み比率 n の値が基線よりも下にある場合はリブ側が凹に、上にある場合はリブ側が凸に反る場合である。図4は、 R/S の5水準、 H_1 の2水準、全部で10ケース（図4A～図4J）について表しているが、勿論必要に応じてより詳しく表すことができる。図示したものは実験的に求めたデータに基づいているが、ある程度樹脂の流れと関係付けて解釈することもできるので、歪み比率 n として理論を併用した予測した値を用いることもできる。

【0014】図4A、図4Bの場合を例にとり、得られ

$$a_i \cdot \exp(-k_i y)$$

で表すことができる。 k_i は、プラスチック材料の縦弾性率 E_i 、剪断弾性率 G 、及び長さ寸法 L とから定め

$$k_i = \text{SQRT}(8E_i / GL^2)$$

【0016】 a_i は、結合面（ $y=0$ ）における歪みであり、リブと本体のそれぞれについて $W(y)$ の積分から計算される接合面における剪断力が等しいという条件

$$a_2 = dS / (1 + (E_2 k_1 * (1 - \exp(-k_2 H_2))) / (k_2 E_1 * (1 - \exp(-k_1 H_1)))) \quad (3)$$

$$a_1 = dS - a_2 \quad (4)$$

【0017】次に、単位構造接合面の両端に働く曲げモーメントは、リブ（ $i=1$ ）と本体（ $i=2$ ）それぞれの部分の

$$M_i = (a_i E_i / k_i^2) (1 - (k_i H_{i+1}) \exp(-k_i H_i)) \quad (5)$$

$$M = M_1 + M_2 \quad (6)$$

により算出することができる。

【0018】梁状の構造の両端で M となり、長さ方向座

$$m(z) = M - 4M(L-z)z / L^2 \quad (7)$$

を仮定し、反り量 D の z についての2次微分が $-m$

（ z ）／ EI であるという一般式を用いると、梁の中央

$$D = 5ML^2 / 48EI$$

【0019】ここで、 EI は縦弾性率 E_i と断面2次モ

$$EI = E_1 I_1 + E_2 I_2$$

リブと本体の収縮差に基づく応力は接合面に生じている

$$I_1 = ((H_1 - \eta)^3 + \eta^3) / 3 \quad (10)$$

$$I_2 = ((H_1 + H_2 - \eta)^3 - (H_1 - \eta)^3) / 3 \quad (11)$$

但し η は、高さ方向の中立線の位置であり次の式により

た結果を樹脂の流れから解釈すると次のようである。この場合、リブの厚さは本体の $1/3$ と小さいので、一端のゲートから射出された樹脂の本流は本体キャビティ中を長さ z 方向に真っ直ぐに進み、リブキャビティは本体に充填された樹脂の一部が高さ y 方向に流れを変えた支流により充填されてゆく。従って本体は z 方向に配向し、リブは多少なりとも y 方向に配向する。 y 方向に配向気味のリブは、 z 方向配向の本体に比べて長さ z 方向の収縮が大きく、成形品にリブ側凹の反りをもたらす。歪み比率 n はその程度を示しており、リブの高さの大きい図4Bの場合は、 y 方向への流れの傾向がより大きいので歪みは大きくなる。しかし、ある程度断面寸法の大きな成形品になれば、 R の絶対値も大きくなるので、リブキャビティも初めから z 方向の流れで充填され、本体との差が小さくなるので図4A、図4B共に右の方では基線に近づく。

【0015】

【反り量】本発明者はこのような歪み比率 n という概念を創造した上で、反り量（変型量）に関して次のように定量的な解析を行なった。まず、収縮の異なる2つの部分、即ちリブ（ $i=1$ ）と本体（ $i=2$ ）とが長さ方向で上下に接合しているモデル（図1）について、高さ方向座標 y の関数である歪みに比例する力 $W(y)$ を考える。 $W(y)$ が剪断力の微分であることから歪みの大きさの分布は y の指数関数

$$(1)$$

ることができる。 $\text{SQRT}(N)$ は N の平方根を意味する。

$$(2)$$

から a_1 、 a_2 が関係づけられる。一方 $a_1 + a_2 = dS$ は、リブの収縮率と本体の収縮率の差である。この2つの関係から a_1 、 a_2 を解くことができる。

$$(3)$$

$$(4)$$

高さにわたって $yW(y)$ を積分した値、 M_1 と M_2 の和であり、式

$$(5)$$

$$(6)$$

標 z の2次関数

$$(7)$$

における最大反り量 D は、全長 L と両端曲げモーメント M とから次の式で求めることができる。

$$(8)$$

ーメント I_i との積である。

$$(9)$$

ので、便宜的に I_i は接合部の幅について計算する。

$$(10)$$

$$(11)$$

計算する。

$$\eta = (E_1 H_1^2 + E_2 H_2^2) / (2 * (E_1 H_1 + E_2 H_2)) \quad (12)$$

このように本体で接合部より外側にある部分の影響を無視しても、実施例のように実用的にさしつかえない結果が得られた。

R : リブの厚さ
S : 本体の厚さ
W : 本体の幅
L : 単位構造の長さ

H₁ : リブの高さ
H₂ : 本体の高さ
H : 単位構造の全高 (H₁ + H₂)

本体の厚さとは方形断面の場合、小さいほうの辺の寸法である。但し、図2に示す溝形断面の場合は、側板の厚さをR、底板の厚さをSで表した。従ってR>Sの場合もある。

【0021】実施例で用いたプラスチックはガラス繊維強化液晶ポリマーであり、射出成形における配向性の影響が著しく、精密部品において反りが問題になりやすい材料である。配向した材料の縦弾性率140000、直角方向の縦弾性率70000、剪断弾性率G=20000（弾性率の単位はkgf/cm²）、収縮率（平行方向）0.001、収縮率（直角方向）0.006である。従って、リブと本体の配

$$E_1 = E_2 (1 - 0.5n)$$

で近似することができる。

【0023】

【実施例1】図2の形状をもつ溝形断面の箱の基準構造設計がR=1, S=2, H=8, W=5, L=140で与えられた場合、まず図4を用いて歪比率を予測する。H₁=6, R/S=1/2であるから図4Dの場合であり、横軸のS=2を読むと、上面凹でn=0.2程度の歪比率が予測される。n=0.2よりE₁=126000, dS=0.001。この値を他の条件値と共に用いて、(2)~(6)式から計算するとM=723。一方、断面2次モーメントの計算よりE_I=835万であるからL=140の中央における最大反り量Dは(8)式より0.177mmと計算できる。この実施例の場合、高さ方向の単位構造は1つであるからこの値がそのまま予測値になる。実測値は0.19mmであった。そこで、S=3mmに変更するとR/S=1/3と変るので歪比率が小さくなり、Sと共に反りが小さくなる傾向とあいまって、底板を厚くすることは有効な対策であることが予測される。図4Bからn=0.05を求め、S=3について再計算するとM=227と大幅に小さくなり、D=0.047mmとなる。反り量の実測値は0.04mmで、実用上問題のないレベルになった。

【0024】

【実施例2】この実施例の対象物品は、図5（側面図）、図6（図5のAA断面図）で示される形状をもつコネクタ基板であり、図1のL字断面の梁を左右対称に結合したものであると考えることができる。基準構造設計の値は、R=0.4, S=1.2, H=7.3, H₁=4.5, L=80であり、図4Bより歪比率はほぼ最大値（n=1）となる（上面凹）。n=1よりE₁=

【0020】以下の実施例を含めて、寸法に関して各部分を示す記号は次の通りで、単位はすべてmmである（図1参照）。

向方向が直角な場合、接合面における収縮率の差は0.005であり、この場合歪みが最大（歪み率n=1）となる。リブと本体に配向方向の違いがなければ接合面での収縮率の差がなく、歪み率n=0である。一般的に言えばこの材料の歪みは、最大の収縮率差に歪み率を乗じた値、dS=0.005nと見ることができる。

【0022】歪み率は、リブの配向方向を反映しているのでz方向の縦弾性率にも影響を及ぼす。この材料の場合、本体はz方向に配向しているので縦弾性率E₂=140000であるが、E₁はn=0でE₂と同じ140000、n=1では70000であるから

$$(13)$$

70000, dS=0.005。この値を他の条件値と共に用いて計算するとM=2646。一方、断面2次モーメントの計算よりE_I=751万であるからL=80の中央における最大反り量Dは(8)式より0.235mmと計算できる。計算の条件が近似的であるため（両端を度外視）実測値0.35mmよりも0.14mm小さい。この例の場合、外形寸法から許されるSの最大値は1.8mm程度であり、この範囲でSを増加させた場合n=0.7程度まで減少するが、D=0.186mmで反り量は十分に小さくはならない。

【0025】そこで、この場合の対策は肉抜きによることにする。本体板側面の上から1.3mmのところに深さ0.8mmの肉抜きをした対策後の断面形状を図7に示す。この場合、中央の本体と上又は下のリブとを組み合わせた2つの単位構造に分けて考える。上側のリブによる反り量を予測すると、R=0.4, S=1.2, H₁=4.5は変らないからn=1, 従ってH=5.8 (H₁+H₂)、H₂=1.3より、D=0.338mmの上面凹の反りが予測される。一方、肉抜きにより形成された逆方向（肉抜き側、即ち下面が凹）の単位構造に関する反りはR=0.4 (1.2-0.8), S=1.2, H₁=1.5 (2.8-1.3)よりn=0.5（図4A）でありH=2.8, H₂=1.3より、D=0.413mmとなる。逆方向に加えられた反りの計算値は上面凹の反りの計算値を打ち消し、肉抜きによる対策は有効であると判断されるが、前記のように対策前の実測値が計算値より大きいことを考慮すると、上面凹の反りが多少残ることも予測される。実測値0.1mm上面凹。

【0026】

【実施例3】この実施例の対象物品は、図8（側面

図)、図9(図8のAA断面図)で示される形状をもつコネクター基板であり、図1のL字断面をもつ側壁を左右に2つ、隔壁により結合したものであると考えることができる。側壁部分の基準構造設計値は、 $R=0.5$ 、 $S=1.5$ 、 $H=3.5$ 、 $H_1=2$ 、 $L=80$ である。図4Aから $n=0.5$ であるが、隔壁の存在を考慮すると n は更に大きい可能性がある。 $n=0.5$ の場合 $L=80\text{mm}$ で 0.33mm の下面凹の反りになる。 $n=1$ で計算すると 0.53mm である。実測値は 1.0mm (下側リブの溝は計算に入れていない)であった。これに対しては、上面の溝切り(深さ 0.7 、幅 0.3)により上面凹の反り因子を付加する対策を行なった(図10)。この場合も2つの単位構造に分けて反りを推測し、重ね合わせる。本体と下側リブによる反り因子は、本体の高さ H_2 が 0.8mm に減少するので下側凹の反り量は $D=0.725$ と増加するが、上側も溝の影響で収縮するので($H_1=0.7$ 、 $n=0.4$ より $D=0.655$ と計算)、前者の反りをほぼ打ち消す。実測値 0.02mm 。

【0027】

【反り量に及ぼす諸因子の影響】図11は、反り量 D に及ぼす歪み率 n の影響を例示したものである。寸法は $H=8\text{mm}$ 、 12mm の2ケース、 $L=80\text{mm}$ 、 $R/S=1/3$ で E_2 、 G は例1~3と同じ値をとり E_1 は(13)式による。この図のように、反り量 D は、 $n=0.5$ くらい迄は歪み率 n にほぼ比例する。図12は、反り量 D に及ぼす長さ L の影響を例示したものである。歪み率 $n=0.5$ で、長さ以外の寸法と弾性率は図11の場合と同様である。両対数グラフの勾配から、 D は L の2.5乗にほぼ比例して変化することがわかる。

【0028】図13は、反り量 D に及ぼすリブ及び本体の高さ(H_1 、 H_2)の影響を例示したものである。全高 $H=8\text{mm}$ 、 12mm の2ケース、 $L=80\text{mm}$ で、 H_1 、 H_2 以外の寸法と歪み率、弾性率は図12の場合と同様である。 H_1 、 H_2 のいずれかが0に近い場合(グラフの両端)を除いて D に及ぼす H_1 、 H_2 の影響は比較的ゆるやかである。当然、反り量 D は全高 H の低い方が大きい。図14は、反り量 D に及ぼす縦弾性率の大きさの影響を例示したものである。 $E_2=6\text{万} \sim 14\text{万}$ で、 E_1 は $n=0.5$ の場合について(13)式により求めた値である。 $L=80\text{mm}$ ($H=6.8$ の2ケース)、 $L=120\text{mm}$ ($H=12\text{mm}$)について示したが、いずれのケースにおいても E の D に及ぼす影響は小さいことがわかる。従って、これまでの説明に用いたものと異なる縦弾性率をもつプラスチック材料を用いた場合にも、ほぼ同じ結果が得られることがわかる。

【0029】

【図解法1】以上、式(8)を用いて D を算出する方法を説明した。この方法は広範囲のケースに適用することができるが、計算がやや複雑である。そこで、最も基本的な図1、図2のケースにつきパラメーターを主要な2

種類の板厚だけに絞って(即ち、溝切りの影響がなく、歪み率等は一般的な寸法から見当をつけ、許容反り量も 0.05mm に固定して)簡略化した判定図が図15~18である。図15、図16は、図1のように厚い本体板の上にリブが接合する場合に適用され、図17、図18は、図2のように2枚の側板と底板と接合する溝形断面に適用される。長さに応じて多数の図を示せば正確になるが、長さ 100mm 迄の場合(図15、図17)、長さ 200mm 迄の場合(図16、図18)に簡略化して示した。

【0030】これらの図を用いる図解法によれば、もとの設計(基準構造設計)の板厚の関係(R と S との関係)が反り量 0.05mm 未満の適性範囲内にあるか否かの判定は極めて簡単である。適性範囲から外れていることがわかった場合、底板厚の変更だけで必要な打ち消し変形因子を付加することができるか否かの見当もつけやすい。図18に書き入れた矢印は、実施例1において底板厚の変更(黒丸→白丸)により R (側面板厚)と S (底板厚)との関係が、不適正領域から適正領域へ移ったことを示している。図15に書き入れた矢印は、実施例2においては S (本体板厚)を変化させても R (リブ板厚)と S との関係を適正領域にすることが困難な状況であることを示している。

【0031】

【打ち消し変形因子の付加】実施例2に見られるように、外形寸法に影響しない肉厚変更だけで反り量のバランスがとれるとは限らず、その場合、肉抜き(例2、図20)、溝切り(例3、図19)等の手段で所望の打ち消し変形因子を付加することが有用である。肉抜き、溝切りによる変形対策は、ある程度の長さにわたって形成する必要がある。特に短い長さのところに溝切りを施すと、剛性を損なう結果になるおそれが大きいので、肉抜きの方が好ましい。例えば、コネクター嵌合部の連結部が肉厚になるための対策は、断面形状からして下面が凸になる変形を打ち消すため、下面側から行なうことになる。その際、溝切りにすると基台の剛性を損なう結果となり、不適当である。この場合、嵌合部の連結部下側から肉抜きを施せば下面が凹になる反り因子となり、基準構造設計による反り因子を打ち消してバランスを取ることができる。溝のピッチ p は深さ d の3倍程度のとき、溝切りの効果が大きい(図19)。3倍以下でも溝の数が増えるからある程度の効果は期待できるが、強度低下等の不利はある。溝幅 a は小さい方がよく、V形溝は効果的である。肉抜きの場合、図20の t は、 $H-d$ 以下にする。この場合もピッチは深さの3倍程度のときに効果が大きい。

【0032】

【図解法2】図21~図28は、反り量 D が、通常の精密部品で問題となる程度の値となる長さの限界 L を縦軸として、横軸 H に対して示した歪み率と寸法の関係図

である。ここで H_e は、図1の本体高さ H_2 （図2の場合は底面厚さ S ）であるが、溝切りを施した場合は H_2 と異なる相当高さになるので H_e として示した。図21～図28は、4水準の歪み比率を前提として、通常レベルの許容値 $D=0.05\text{mm}$ とその倍の 0.1mm の2水準について、全体の高さ H をパラメータとして図示している。既に説明したように、歪み比率は図4のように実測で求めたデータに基づいて定めることができ、また樹脂の流れの状態を加味して予測することもできる。図21～図28を用いると、式(8)による計算の代りに、図解法により単位構造ごとの射出成形品の反り量を予測することができる。その知見に基づいて物品全体の反り量をバランスさせることはこれまでの方法と同様である。実施例4～6は、それぞれ実施例1～3に対応する図解法である。

【0033】

【実施例4】対象物の寸法及び歪み比率 n については実施例1と同じである。図28において $L=130\text{mm}$ で $D=0.1\text{mm}$ になるので、 n が1.6倍($0.2/0.125$)で L も長いこの例では、反り量 D が 0.2mm 近くと過大になることが予想される。 $H_e=3\text{mm}$ に変更した場合、歪み比率 n は著しく減少する（図4B、実施例1と同じ）。 $n=0.1$ 以下の場合の図は示されていないが、図28($n=1/8$)に基づき、図11に示された n の影響を考慮して推測すれば、 $L=140\text{mm}$ でも $D=0.05\text{mm}$ 以下に改善されることが考えられる。

【0034】

【実施例5】対象物の寸法及び歪み比率 n については実施例2と同じである。図22より $L=50\text{mm}$ で $D=0.1\text{mm}$ となる。反り量 D が L の2～3乗に比例すること（図12）を考慮すると $L=80\text{mm}$ で $D=0.26\sim0.4\text{mm}$ を予想する。実測値は 0.35mm であった。肉抜き対策後の予測に用いる n 及び寸法の値は実施例2と同じ考え方である。上面凹の反り因子($n=1$)は図22を用いて $L=40\text{mm}$ で $D=0.1\text{mm}$ 。下面凹の反り因子($n=0.5$)は $L=45\text{mm}$ で $D=0.1\text{mm}$ （図24）。トータルして $L=40\text{mm}$ では上面凹の反りが $0.02\sim0.03\text{mm}$ となる。長さの影響を補正すると $L=80\text{mm}$ では 0.1mm 程度の反りとなる。

【0035】

【実施例6】対象物の寸法及び歪み比率 n については実施例3と同じである。図24より $L=45\text{mm}$ で $D=0.1\text{mm}$ となり、 $L=80\text{mm}$ の予想値は $D=0.45\text{mm}$ 。また、 $n=1$ とすると図22を用いるので $L=30\text{mm}$ で $D=0.1\text{mm}$ 、 $L=80\text{mm}$ の予想値は $D=1.2\text{mm}$ となる。いずれも反り量 D が L の2.5乗に比例するものとして補正した。実測値 1mm 。上面の溝切りによる対策は、上記の $L=30\text{mm}$ で $D=0.1\text{mm}$ の反りを打ち消す

横軸 S 、縦軸 n （基線より下がリブ側凹）

$$H_1 = 2\text{mm}$$

$$H_2 = 5\text{mm}$$

ことを基準に考えた。図26から想定すると $H=1.5$ 、 $H_e=0.8$ の場合、歪み比率 $n=0.3$ 程度で所望の値になる。先に記したようにピッチを溝の深さ 0.7mm の3倍、 2mm 程度にすると歪み比率が最大になるので、今回は溝のピッチをこれより小さくすべきである。ピッチ 7mm の溝切りで反りを打ち消したことは実施例3に記した通りである。

【0036】

【発明の作用】本発明は、プラスチック成形品を単位構造に分けて考え、それぞれの単位構造について反り量を予測し、単位構造の反り量を物品全体について重ね合わせて、非対称方向のバランスを判定する。反り量の予測は、いくつかの仮定と理論的解析から導かれた式

(8)又は図21～28と、板厚を主体とするパラメータから予測できる歪み比率 n とを組み合わせる。これにより、使用者の要求に基づく外形寸法や強度上必要な肉厚等、一般的な仕様から必須とされる構造を備えた設計（基準構造設計）が、反り量のバランスの取れているものか否かを判定することができる。

【0037】バランスが取れずに非対称方向の反り量が大きいと予測される場合、使用者の要求する外形寸法に支障のない範囲内で厚肉部、肉抜き、溝等の打ち消し因子を付加する形状の対策を施し、非対称物品全体についての反り因子をバランスさせるた設計に改める。ここで、反対方向の反り因子を導入にあたっては、前記単位構造についての反り量予測技術を利用することができる。最も基本的な図1（本体とリブ）、図2（溝形断面）のケースについては、パラメータを主要な2種類の板厚だけに絞って簡略化した判定図により、基準構造設計が反り量 0.05mm 未満の適性範囲内にあるか否かを簡単に判定することができる。範囲から外れている場合、底板厚の変更により、必要な打ち消し変形因子を付加することができるか否かを判定することができる。

【0038】

【発明の効果】本発明により、プラスチックの射出成形により細長い非対称物品を製造する際に、あらかじめ反りに寄与する単位構造の影響を予測することが可能になり、その結果、反りを少なくなるような寸法への設計変更技術が実現した。反りの少ない構造設計ができれば、それに基づいた金型を用いて正確な寸法の射出成形品を製造することは、当業者の技術水準に従って行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本体とリブが接合した細長い物品のモデルを示す斜視図

【図2】溝形断面の細長い物品のモデルを示す斜視図

【図3】リブ付き板の斜視図

【図4】リブ付き板の寸法と歪み比率との関係図

$$R/S = 1/3$$

図4A

図4B

$$R/S = 1/2$$

図4C

図4D

$$R/S = 3/4$$

図4E

図4F

$$R/S = 1/1$$

図4G

図4H

$$R/S = 2/1$$

図4I

図4J

【図5】実施例2の基板、側面図

【図6】実施例2の基板、対策前断面図

【図7】実施例2の基板、対策後断面図

【図8】実施例3の基板、対策前側面図

【図9】実施例3の基板、断面図

【図10】実施例3の基板、対策後側面図（部分）

【図11】歪み比率と反り量との関係図

【図12】長さとの関係図

【図13】高さとの関係図

【図14】弾性率と反り量との関係図

【図15】リブ型モデル（長さ100mm以下）の反り判定図

【図16】リブ型モデル（長さ200mm以下）の反り判定図

【図17】溝形断面モデル（長さ100mm以下）の反り判定図

【図18】溝形断面モデル（長さ200mm以下）の反り判定図

【図19】溝切りを説明する部分側面図

【図20】肉抜きを説明する部分斜視図図21～図28：歪み率と寸法の関係図

【図21】歪み比率 $n = 1/1$ ，反り0.05mm【図22】歪み比率 $n = 1/1$ ，反り0.10mm【図23】歪み比率 $n = 1/2$ ，反り0.05mm【図24】歪み比率 $n = 1/2$ ，反り0.10mm【図25】歪み比率 $n = 1/4$ ，反り0.05mm【図26】歪み比率 $n = 1/4$ ，反り0.10mm【図27】歪み比率 $n = 1/8$ ，反り0.05mm【図28】歪み比率 $n = 1/8$ ，反り0.10mm

【符号の説明】

R：リブの厚さ

H₁：リブの高さ

S：本体の厚さ

H₂：本体の高さ

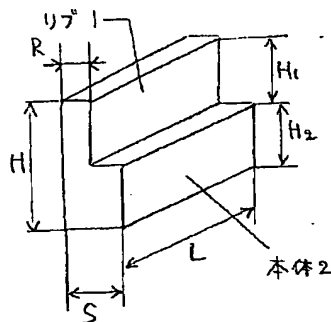
W：本体の幅

H：単位構造の全高

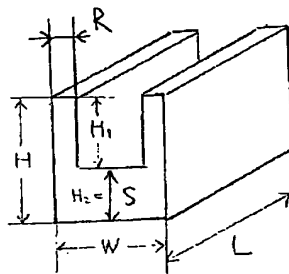
(H₁ + H₂)

L：板の長さ

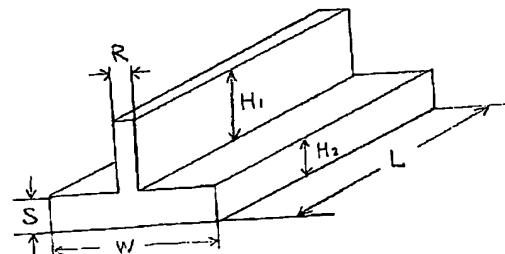
【図1】



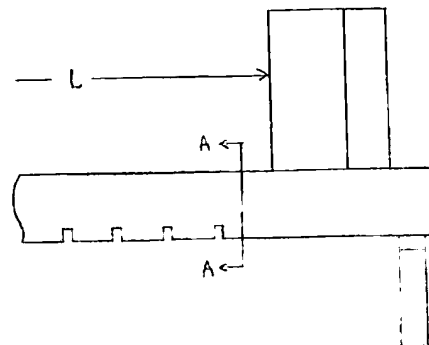
【図2】



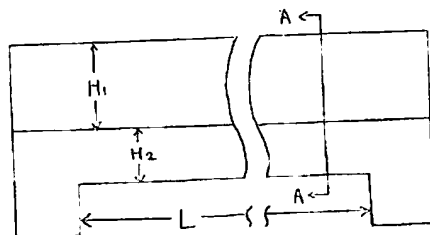
【図3】



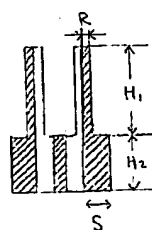
【図8】



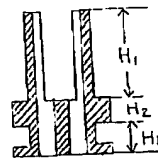
【図5】



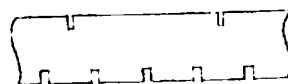
【図6】



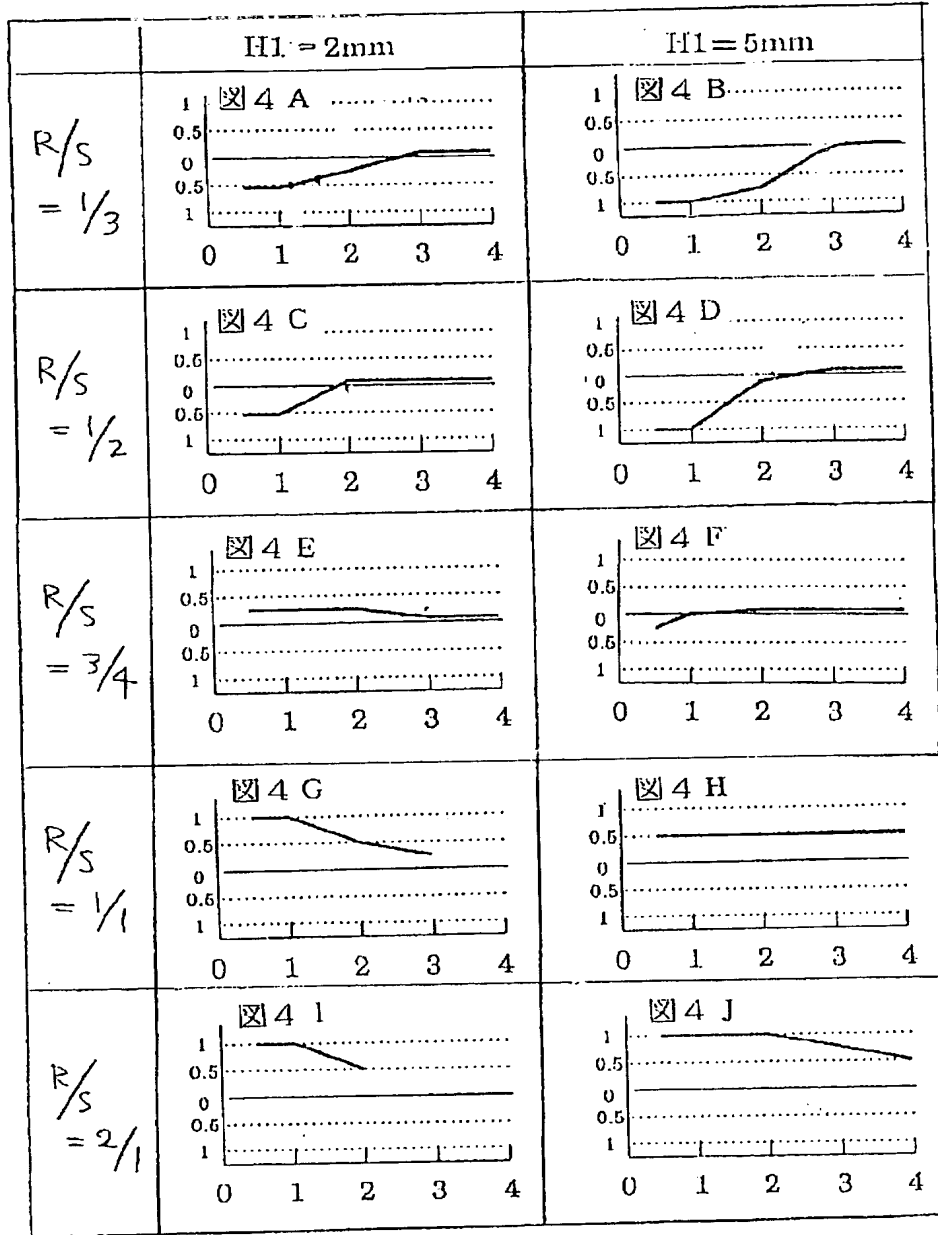
【図7】



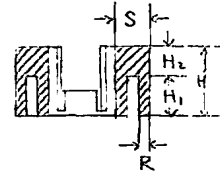
【図10】



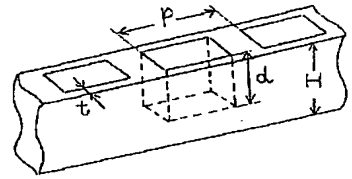
【図4】



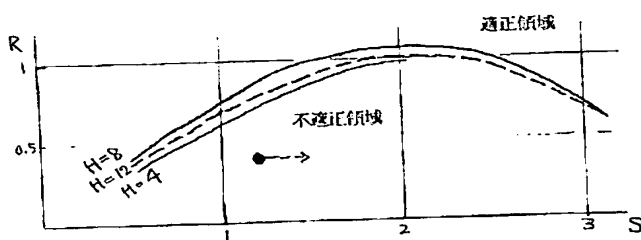
【図9】



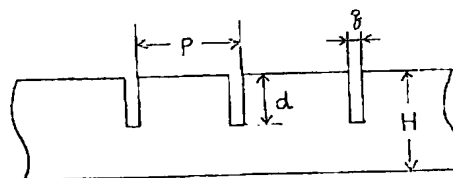
【図20】



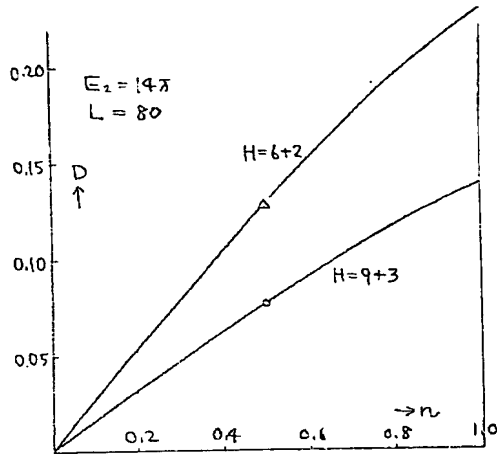
【図15】



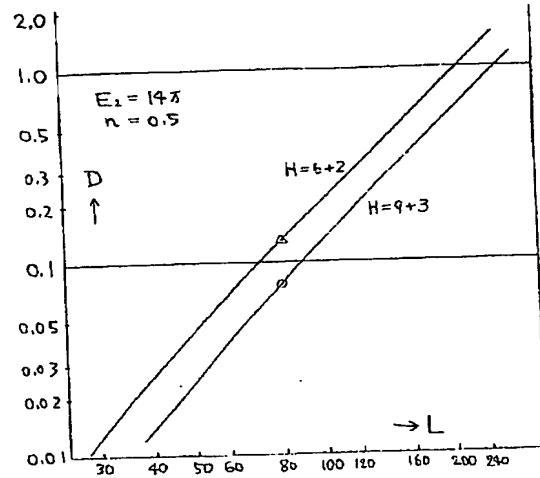
【図19】



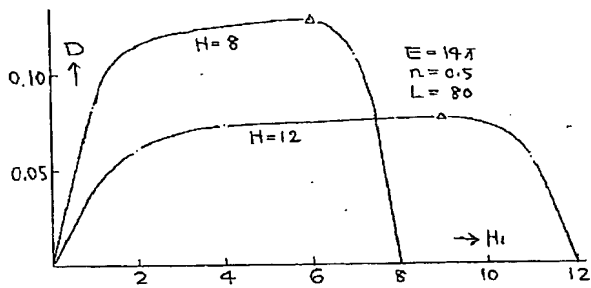
【図11】



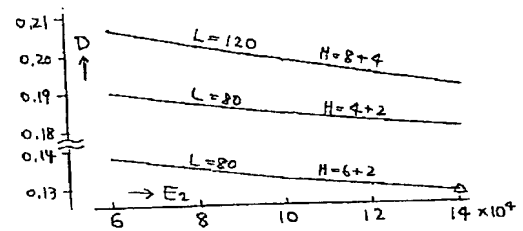
【図12】



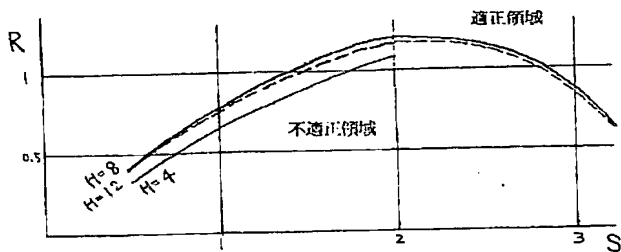
【図13】



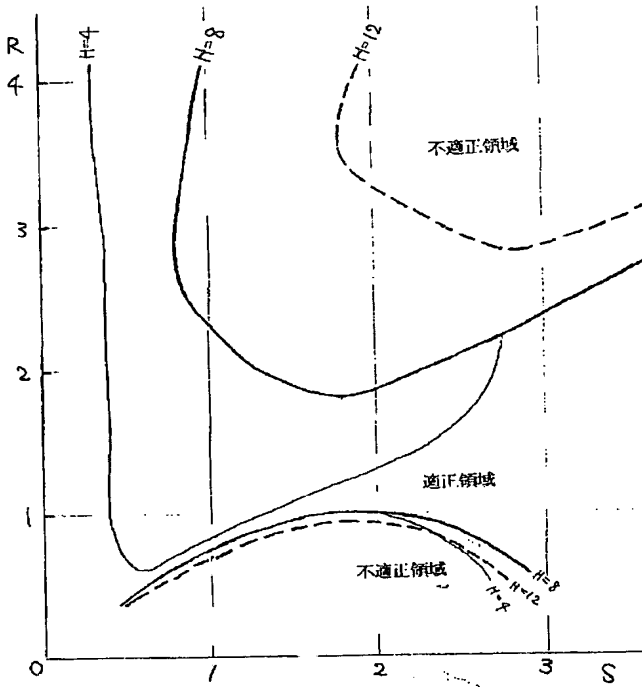
【図14】



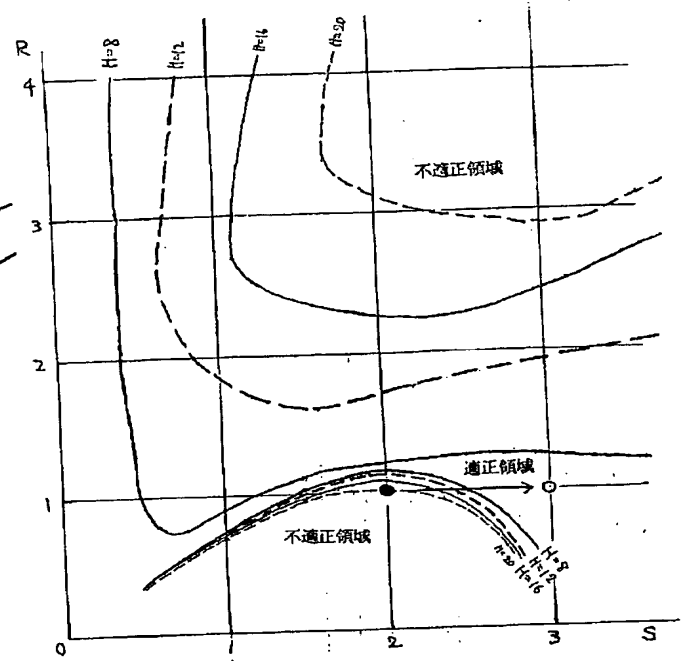
【図16】



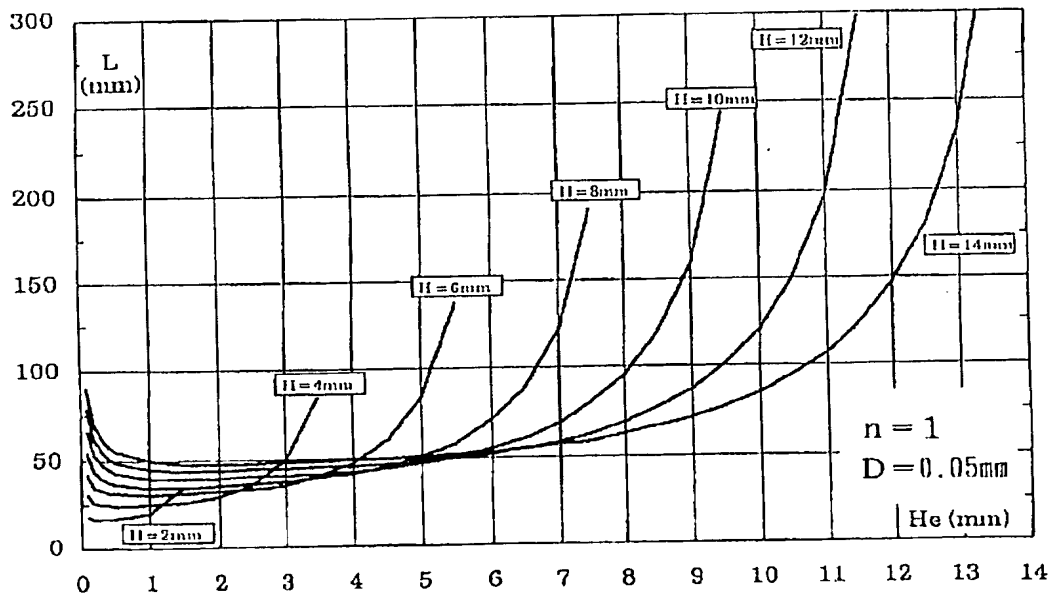
【図17】



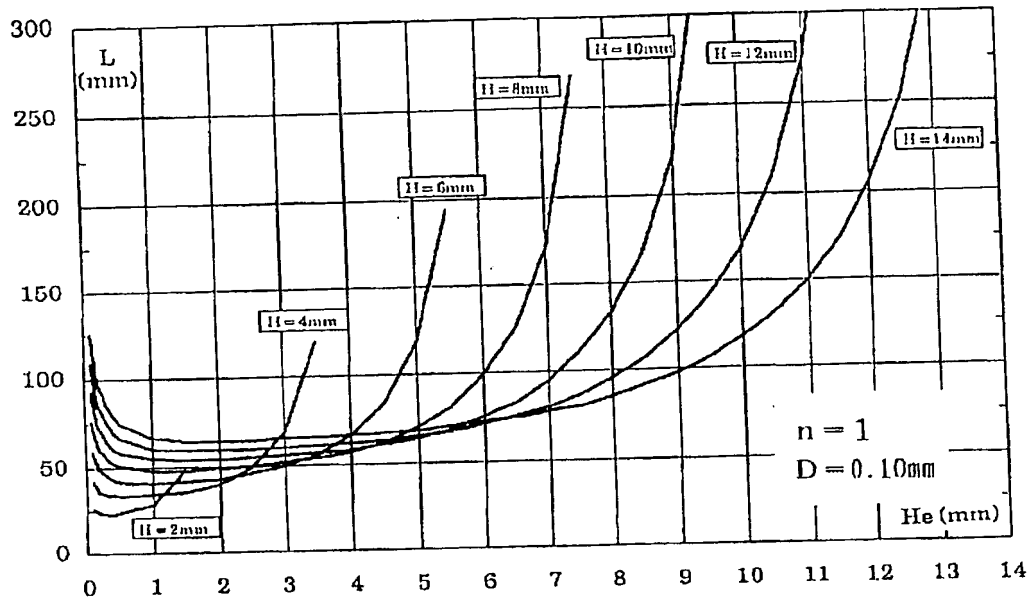
【図18】



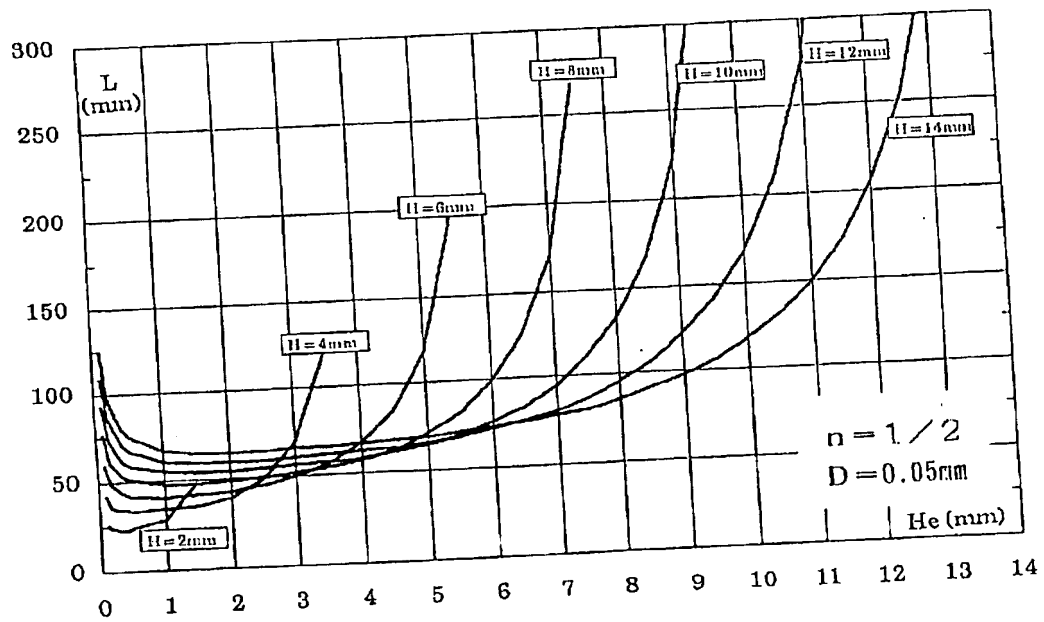
【図21】



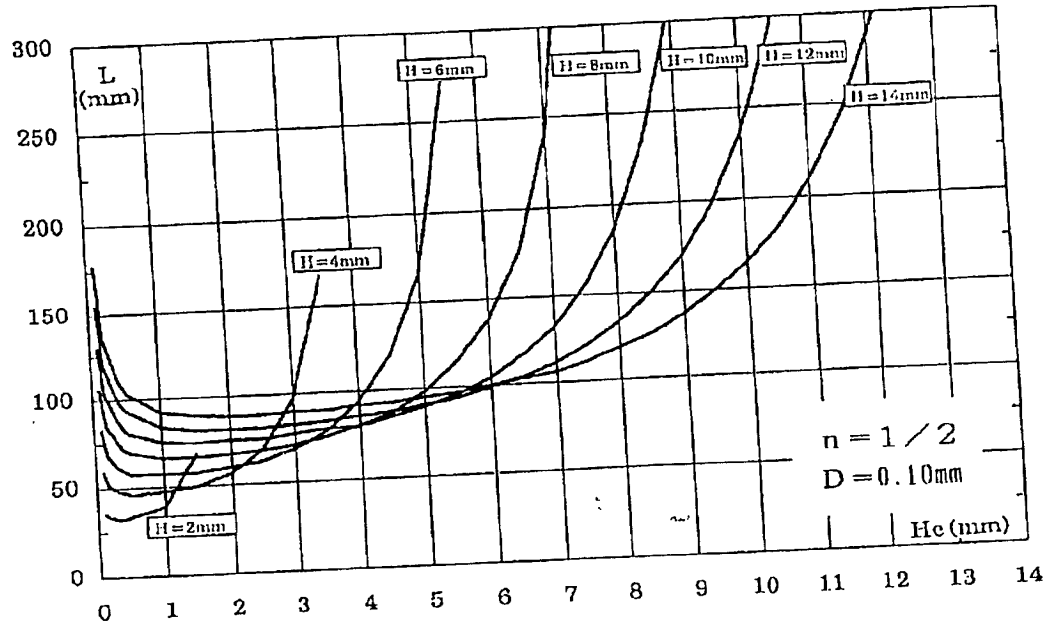
【図22】



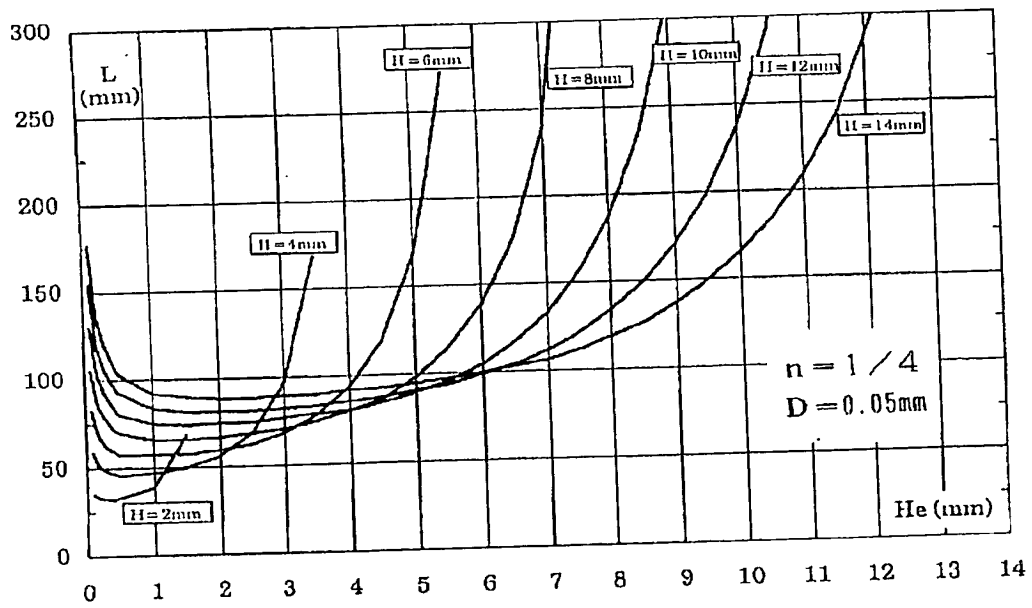
【図23】



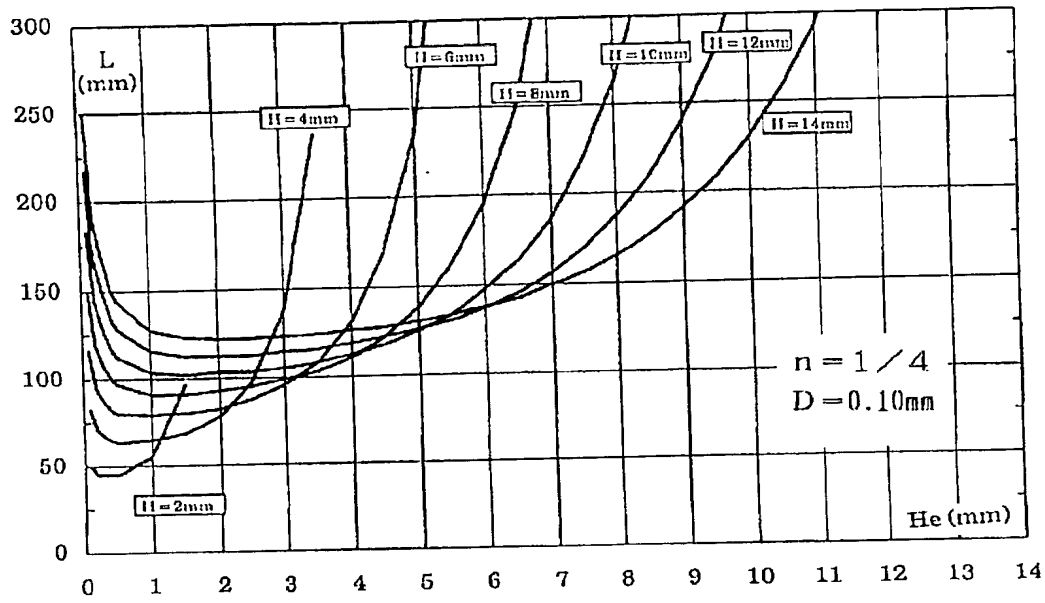
【図24】



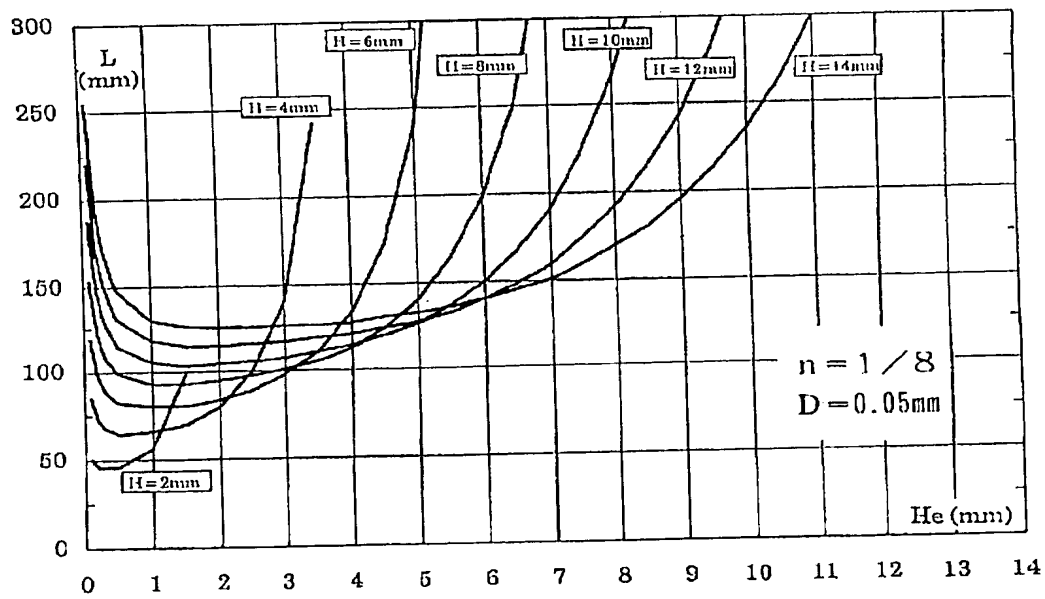
【図25】



【図26】



【図27】



【図28】

